

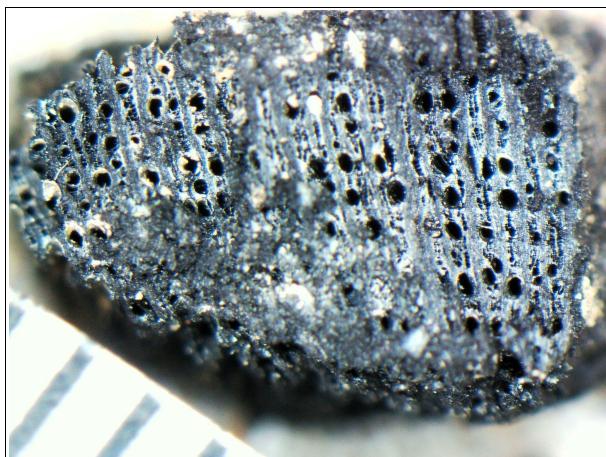


ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS
ASSOCIÉS À DES FOURS DE POTIERS MÉDIÉVAUX LORS DE
L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE
DU SITE DE « GISCARO/RN 124 »,
SUR LA COMMUNE DE MONFERRAN-SAVÈS (32).**

OPÉRATION : OA 1412260



ARCHEODUNUM SAS - AGENCE SUD-OUEST

Août 2025

ARCHEODUNUM SAS - Agence Sud-Ouest
8 Allée Michel de Montaigne
31770 Colomiers

**Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique
du site de « Giscaro/RN 124 », sur la commune de Monferran-Savès (32).
Opération : OA 1412260**

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Illustration de la page de couverture :

Fragment de vigne (Vitis sp.), vue en coupe transversale, grossissement x17 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°025.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	13
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »	15
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	20
3.1. Prélèvements du four FS 1025.....	20
a. Résultats	20
b. Interprétations	21
3.2. Prélèvements du four FS 1021.....	24
a. Résultats	24
b. Interprétations	25
3.3. Prélèvements provenant de diverses fosses et fossés.....	28
a. Résultats	28
b. Interprétations	30
4. BILAN.....	33
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	33
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	35
5. BIBLIOGRAPHIE.....	37
6. ANNEXE – Photographies.....	39

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats des analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération d'archéologie préventive menée sur le site « Giscaro/RN 124 », situé sur la commune de Monferran-Savès (32) (Opération 1412260).

Les charbons analysés proviennent des comblements de différentes structures associées directement à des activités de poteries (four, laboratoire, chambre de chauffe, fosse de travail) ou situées à proximité de ces fours (fossés). L'occupation est attribuée au Moyen-Age central (11e – 13e siècle) (Fig. 1).

Compte tenu du contexte archéologique et des premières hypothèses d'interprétation du site, l'analyse anthracologique a été menée en suivant trois objectifs principaux :

- Déterminer l'origine des charbons : identifier les prélèvements correspondant à des résidus de combustibles ou de restes ayant servi de bois d'œuvre pour la construction des fours ?
- Dans le cas où les charbons proviendraient de combustibles, caractériser la qualité du bois employé : les assemblages révèlent-ils d'une sélection spécifique des essences et calibres ? Certains rejets charbonneux sont ils plutôt issus d'usages domestiques ou artisanaux ?
- Caractériser les types de boisements présents dans l'aire de collecte à l'époque, afin de mieux cerner l'environnement végétal exploité.

Cette étude a été commandée par l'agence sud-ouest de la société ARCHEODUNUM. La fouille a été dirigée par M. Michael Gourvennec.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les dix prélèvements analysés sont issus des comblements des fours et de fosses. Au total ce sont un peu plus de 500 fragments qui ont été observés (Fig 1). Les prélèvements ont été tamisés par flottation.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE				
Commune :		Monferran-Savès (32)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Giscaro/RN 124		
Année :		2023		
N° OA :		1412260		
Resp. d'Op. ; commanditaire		Michael Gourvennec		
Type d'opération :				
Période d'analyse pressentie		mois de août 2025		

N° prélèvement	Fait	US	Contexte – description	Nombre de charbons observés
9	FS 1014	US.1041	Fossé caractérisée par 1 vase en place	33
13	FS 1025	US.1238	Laboratoire / chambre chauffe four, Dernier usage four	40
15		US.1344	Laboratoire / chambre chauffe four, Rejet charbonneux intermédiaire	55
16		US.1368	Laboratoire / chambre chauffe four ; charbons pris dans parois rubéfiée (1ere chauffe ?)	50
17		US.1262	Laboratoire / chambre chauffe four Plus ancien rejet charbonneux (strati)	45
25	FS 1021	US.1186	Laboratoire / chambre chauffe four ; Dernier usage four	70
30		US.1342	Laboratoire / chambre chauffe four ; Plus ancien rejet charbonneux (strati)	55
31	FS1107	US.1484	Fosse caractérisée pa rejet charbons	56
32	FS1142	US.1512	Fosse caractérisée pa rejet charbons	55
33	FS1022	US.1579	Fosse travail four ; Rejet massif dans fosse travail	54
				513

Fig. 1 – Tableau de description synthétique des prélèvements, description des structures de provenance et comptages.

Afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique à l'intérieur des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort-rendement » (Chabal, 1997 et Chabal *et al.*, 1999). Le principe de cette courbe repose sur la mise en perspective du rang des identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

Pour le prélèvement le plus diversifié, n°025, six taxons anthracologiques seulement ont été identifiés. La courbe « effort-rendement » montre un seuil situé entre 20 et 40 fragments (Fig. 2).

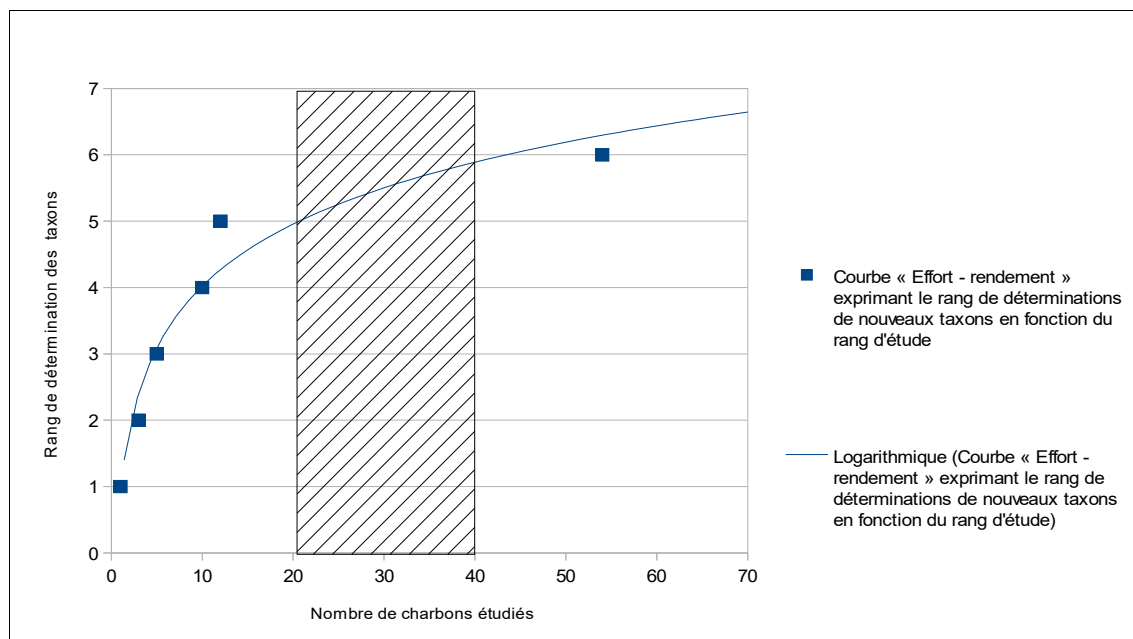


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°025. Dans cet exemple, le sixième taxon identifié, un fragment de genre *Prunus* a été observé au 54e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

De façon générale, les prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité (souvent quatre à six taxons). Or, les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique. En plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, en poussant l'observation de 30 à 70 charbons par prélèvement.

2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION

2.1. Équipement d'observation

Les observations microscopiques ont été réalisées au sein du laboratoire ArkéoMap (Stéréomicroscope Olympus SZX7, grossissements x10 à x60 et microscopes Olympus CX40 ou BX60 à lumière incidente, grossissements de x50 à x1000). L'utilisation d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011), les traitements numériques et l'élaboration du rapport ont été effectués au sein de la structure ArkéoMap. Des référentiels anthracologiques ont pu être consultés au sein du laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH » à l'Université de Rennes1.



Fig. 3 - Détails du microscope équipé d'un dispositif en lumière incidente (Olympus BX60 à grossissements x50 à x1000). Laboratoire ArkéoMap.

2.2. Méthodologie

Chaque ligneux produit un bois particulier, spécifique et héréditaire, présentant une organisation particulière de ses tissus. La structure du bois s'étudie dans les trois plans anatomiques :

- plan transversal,
- plan longitudinal radial,
- plan longitudinal tangentiel.

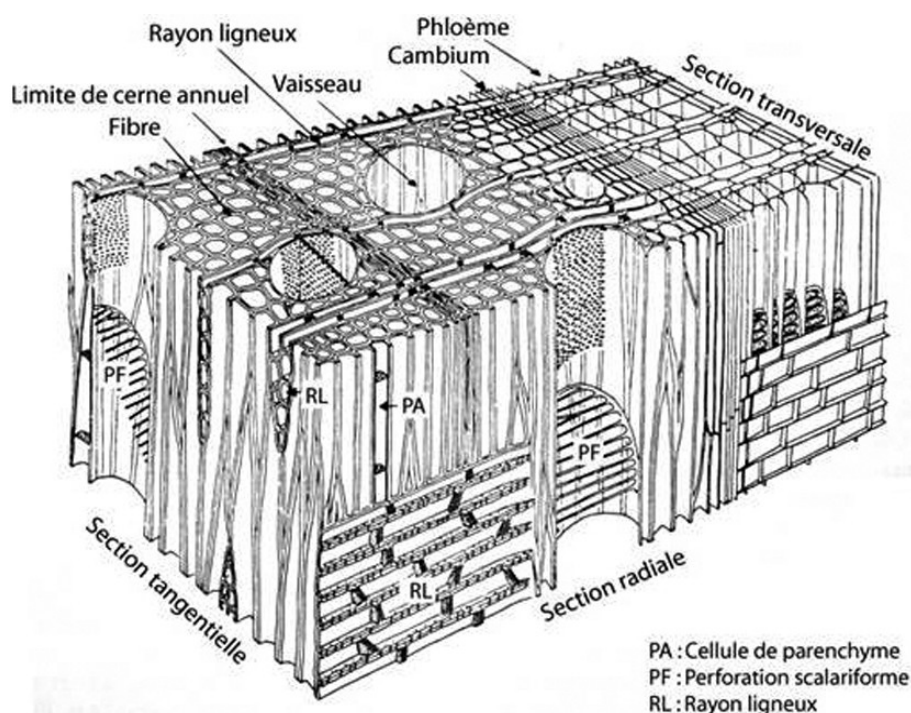


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

Sur les charbons de bois, des cassures fraîches sont faites à la main et au scalpel. Celles-ci sont directement observées sous microscope optique à réflexion, voire au microscope électronique. Cette technique d'observation présente l'avantage de ne pas "polluer" l'échantillon par une imprégnation en résine de synthèse et le laisse donc tout à fait susceptible d'être daté par radiocarbone après étude anthracologique.

Une partie des mesures dendrologiques nécessite des charbons de bois d'environ 5 à 2 mm minimum. En revanche, il est possible de travailler sur des très petits charbons (2 à 1 mm) pour les déterminations taxonomiques.

La famille des ligneux carbonisés (combustion partielle) se détermine à coup sûr et souvent le genre. Toutefois, il est délicat, voire impossible, de distinguer certaines espèces. Les variations biotopiques au sein d'une même espèce sont souvent plus importantes que les différences interspécifiques au sein du genre, d'où par exemple le taxon anthracologique « *Quercus sp.* » pour désigner les chênes à feuillage caduc.

Notons aussi le taxon anthracologique « *Quercus / Castanea* » désignant aussi bien le chêne que le châtaignier. En effet, les deux taxons se différencient par la présence d'un critère anatomique (les rayons multisériés présents chez le chêne) qui n'est pas toujours visible sur les petits fragments.

Les données phyto-écologiques que nous dégagerons de notre étude reposeront sur les informations écologiques intrinsèques à chaque taxon attesté et sur les groupements végétaux mis en évidence. Il sera aussi fait parfois référence aux données quantitatives (effectifs) afin de souligner dans nos commentaires la dominance affirmée de certains taxons.

Nous complétons la détermination des essences ligneuses par un examen du plan ligneux transversal effectué à plus faible grossissement (loupe binoculaire) (Marguerie, 1992a et b). Ainsi, il est possible de collecter des informations sur :

- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **le rythme de croissance**

Cela correspond au rythme des croissances radiales (ou largeurs de cerne) année après année. Ce rythme peut être perturbé suite à des coupes réalisées sur l'arbre (ex. coupe de baliveaux lors de traitements en taillis), ou suite à des aléas climatiques (ex. années de sécheresse). Les calculs de largeurs moyennes de cernes nécessitent un rythme régulier.

- **la présence de thylles**

Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts de gommes et d'excroissances cellulaires appelées thylles obstruant peu à peu les vaisseaux du duramen ne fonctionnant plus. Les thylles se conservent après carbonisation. Leur observation chez les charbons de bois indique que ceux-ci proviennent du duramen et non de l'aubier et reflète l'emploi de bois âgés, si toutefois les thylles ne résultent pas de traumatismes d'origine mécanique, physique ou chimique.

Elles sont bien visibles sous un microscope optique car elles sont réfringentes dans les charbons de bois. Elles sont faciles à repérer chez le chêne (Marguerie *et al.*, 2010). Ce critère est utilisé pour écarter des charbons du bois de cœur (pour les datations C14 notamment).

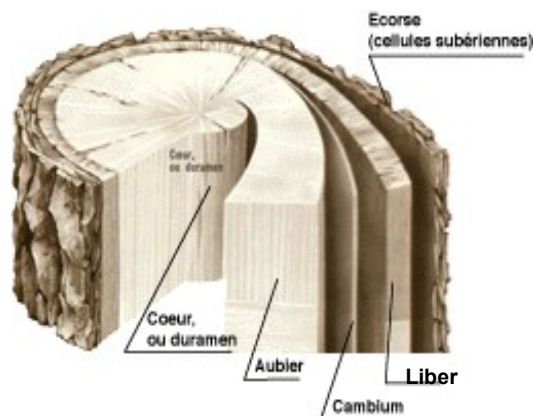
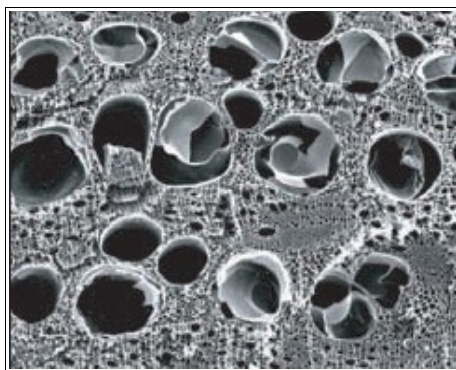
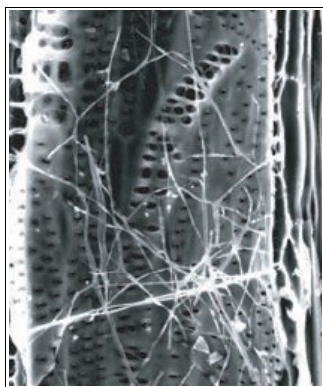


Fig. 5 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à la présence de thylles, des autres tissus dont l'aubier (thylles absents).

- la présence d'hyphes de champignons dans les vaisseaux.



Dans les vaisseaux observés en coupe longitudinale, des filaments blancs sont parfois détectés. Ils correspondent aux hyphes qui envahissent et pénètrent dans le bois mort ou mourant en conditions aérobies à partir des champignons qui se développent à la surface des arbres.

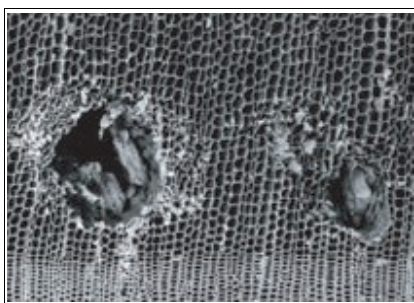
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- la présence ou l'absence d'écorce et/ou de moelle.

Sur les charbons portant à la fois de l'écorce et de la moelle il est possible de mesurer un rayon complet et donc d'estimer précisément le calibre de la tige dont il provient.

- **le bois de réaction** propre aux branches car résultant de l'action de la pesanteur sur ces éléments non perpendiculaires au sol.

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie et al., 2010).

Fig. 7 – Galerie d'insectes xylophages dans un charbon de pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) (Marguerie et al., 2010).

- **la largeur moyenne des cernes** figurés sur le charbon pour apprécier les caractères biotopiques, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques).

- **la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.**



La présence ou l'absence de fentes radiales de retrait est un indice pour savoir si le bois fut brûlé vert ou sec.

Selon Marguerie *et al.* (2010), la fréquence des fentes radiales de retrait dépend de l'anatomie du bois (densité et largeur des rayons), de la partie de la tige (duramen ou aubier), du taux d'humidité du bois (fentes liées à l'évacuation de l'eau liée) et de la température de carbonisation (Théry-Parisot, 2001). Selon Prior et Alvin (1986), la carbonisation du bois saturé d'eau favorise une augmentation substantielle du nombre de fentes de retrait.

Fig. 8 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie *et al.*, 2010).

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, degré d'oxygénation).

En 2011, J.-C. Oilic réutilisa une classification du « degré de vitrification » de D. Marguerie et J.-Y. Hunot (2007).

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

1. Aspect mat : Cet aspect correspond au degré 0 de la vitrification. Les charbons ont tous un aspect mat, gris ou noir.

2. Aspect luisant : les charbons ont un aspect gris foncé à clair très brillant.

3. Aspect fondu : Cette catégorie regroupe l'ensemble des charbons qui présentent des plages extrêmement brillantes, où les structures anatomiques du bois ont complètement disparues.

4. Aspect scoriacé : cet aspect correspond au dernier degré de vitrification. Les charbons de bois ont perdu la quasi-totalité de leurs structures anatomiques. Il ne persiste généralement qu'une sorte de magma informe solidifié, donnant parfois l'aspect d'être entré en ébullition. Ponctuellement, les reliefs de parois cellulaires peuvent être observés, seuls témoins de l'origine végétale de l'échantillon et qui permettent de le distinguer d'une scorie en contexte sidérurgique.

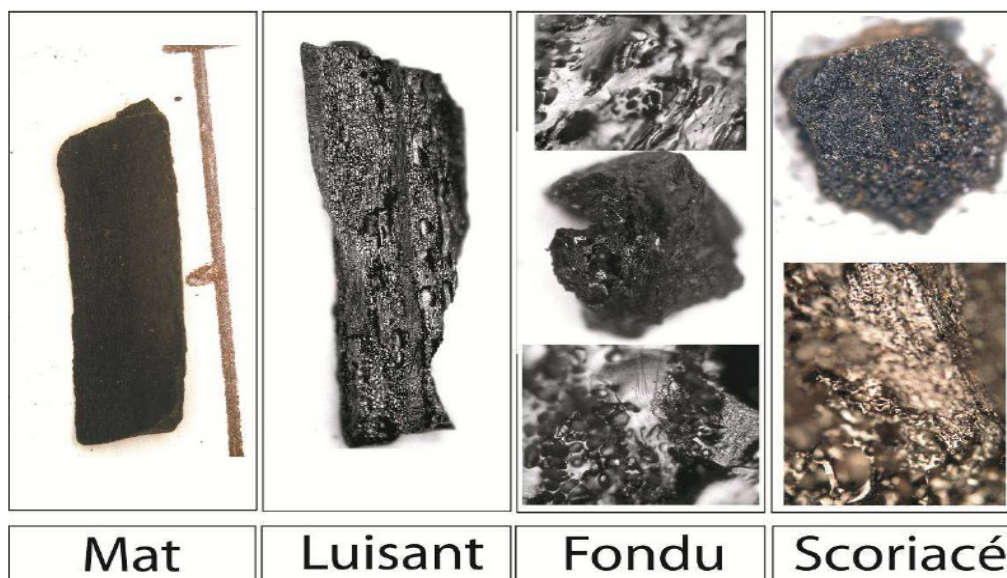
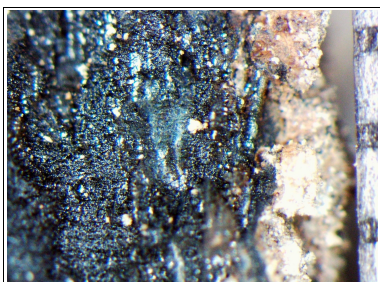


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

J.-C. Oilic expérimenta différents types de combustions afin d'associer les aspects des charbons (pourcentages) à des pratiques de charbonnage, de grillage et à l'utilisation de bas-fourneaux, de haut-fourneaux.



Remarque : l'aspect de certains charbons n'a pu être qualifié par cette classification. Quelques charbons avaient en effet un aspect « granuleux », avec des structures anatomiques indéterminées. Cet aspect se différencie de l'aspect « scoriacé » par le fait qu'il ne semble pas se produire de phénomène de « fusion » des parois cellulaires. Un cinquième aspect « granuleux » (Fig. 10) a donc parfois été utilisé.

Fig. 10 – Exemple de fragments charbonneux avec un aspect « granuleux ».

- **la saison d'abattage** est repérable lorsque le dernier cerne est identifié. Un examen détaillé de ce dernier cerne rend parfois possible la détection du bois initial (bois de printemps) du bois final (ou bois d'été). Par exemple, l'arrêt brutal de la croissance du bois de printemps permet de situer l'abattage au printemps.

- **le travail du bois** (traces d'abattage, d'élagage, de façonnage ...).

En dehors des strictes informations environnementales, l'anthraco-analyse a des retombées d'ordre ethnographique. L'identification des restes ligneux renseigne sur le choix et la sélection des essences destinées au bois d'œuvre (charpentes, planchers, huisseries...), à l'artisanat des objets domestiques (emmanchements, récipients, meubles...) et aux structures de combustion. De plus, grâce aux observations dendrologiques, des données peuvent être collectées sur les techniques de travail et de débitage du bois, sur l'âge et les périodes d'abattage des arbres, sur les traditions vernaculaires...

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

Une observation systématique des charbons de bois à faible grossissement a été effectuée en complément de la détermination des essences. Elle a permis de relever un certain nombre de caractères dendrologiques (types de courbure, types de combustion, occurrences de thylles, traces d'insectes...). Néanmoins, une partie des charbons n'a pu donner lieu à une telle analyse car trop petits, fragmentés ou mal conservés, ils présentaient des plans ligneux alors impossibles à caractériser.

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

La largeur moyenne des cernes à faible courbure des charbons a également été tentée sur quelques individus lisibles afin d'apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité des biotopes d'approvisionnement et de déterminer la nature du peuplement d'où ont été extraits les charbons.

A noter que sur les petites branches (bois de petit calibre, à forte courbure) cette mesure n'a pas de sens du fait de leur croissance totalement excentrée. De plus, la croissance des arbres est plus vigoureuse durant les premières années de vie ce qui donne en règle générale des largeurs très larges pour les premiers cernes. Nous écartons aussi ces cas en ne retenant que les charbons présentant des courbures faibles (charbons en provenance de troncs de fort calibre et donc relativement âgés). L'observation de la largeur des cernes d'accroissement renseigne notamment sur l'état du peuplement végétal au sein duquel le bois a été récolté. En forêt dense, l'intensité d'assimilation et de transpiration des individus est telle que les arbres connaissent une pousse lente et régulière (cernes étroits). En revanche, un milieu plus ouvert est riche en bois à croissance rapide (cernes larges).

Une synthèse des résultats réalisés sur le Massif armoricain (Marguerie et Hunot, 2007) a permis de montrer une évolution des largeurs de cerne en fonction du temps.

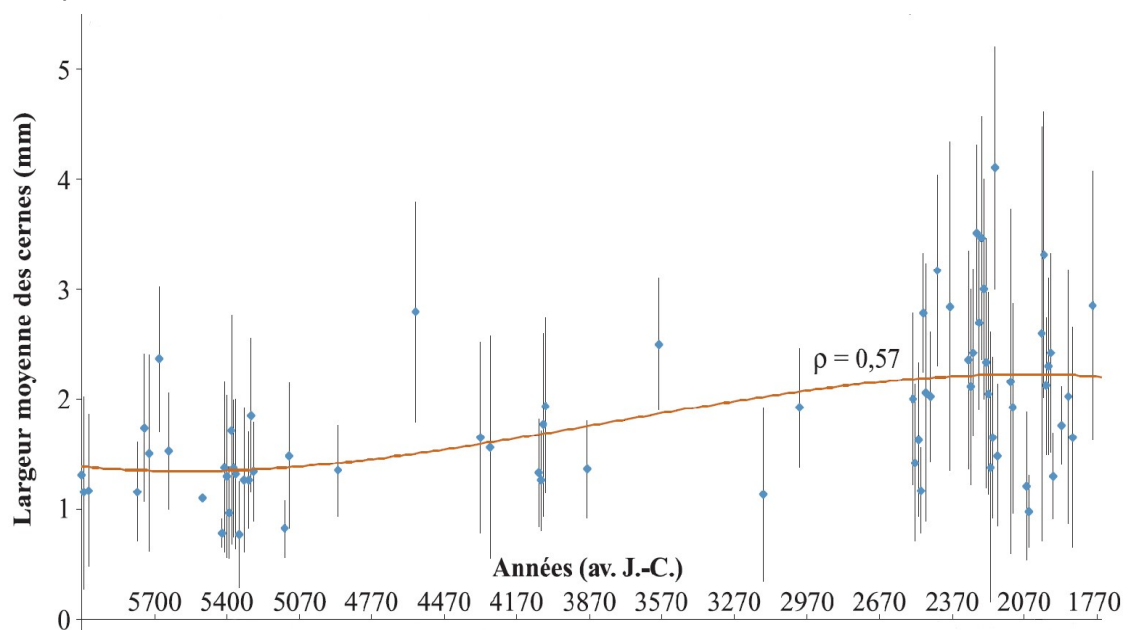


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 11). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

De nos jours, les croissances recherchées par les forestiers dans le cadre de gestions sylvicoles de type futaie sont de l'ordre de 5 mm / an.

Remarque. Il n'existe actuellement pas de synthèse régionale.

- Estimation du calibre des arbres

L'observation des courbures des cernes renseigne sur l'origine des bois carbonisés.

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 12). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

Remarque : L'interprétation doit s'appuyer sur des ensembles statistiquement représentatifs. Par exemple, l'interprétation de bois de petit calibre pourra se faire uniquement si l'on est en présence exclusivement de fragments de courbure de cerne forte. En revanche, l'observation dans un même ensemble de fragments avec à la fois des courbures faibles, intermédiaires et fortes ne permet pas de conclure sur la composition exacte du calibre des bois utilisés. Dans ce cas, seule l'utilisation pour une partie au moins de bois de gros calibre peut être avancée.

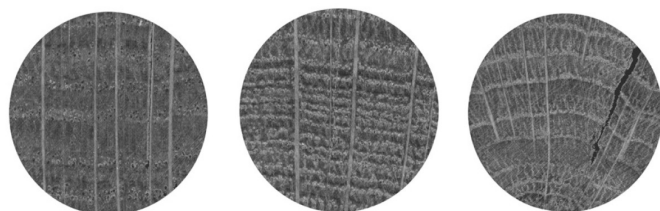


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »

La technique dite de « calibration » a pour objectif d'estimer le diamètre minimum des arbres. Cette approche permet de mesurer les calibres minimum à partir de l'angle que forment les rayons ligneux entre eux. Il est ensuite possible de les répartir dans chacune des classes de calibre de façon à mieux appréhender les calibres réellement utilisés (Dufraisse *et al.*, 2011).

La mesure des calibres s'effectue à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image. Une loupe binoculaire équipée d'une caméra et couplée à un ordinateur permet la capture de l'image du charbon à mesurer. Les grossissements 7x à 40x ont été utilisés.

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites correspondant à des rayons ligneux sont dessinées : d1 et d2 (Fig. 13). Si la marge extérieure du charbon suit la courbure des cernes, une droite d est tracée entre les points de croisement des droites d1 et d2 et la bordure du charbon. La distance d et l'angle a formé par les deux droites d1 et d2 sont les données utilisées dans le calcul trigonométrique basé sur le sinus (Fig. 13).

Dans ces exemples, il est préconisé d'utiliser la marge extérieure du charbon de bois de façon à estimer au mieux son calibre. Il s'avère parfois que dans cette partie, les rayons ligneux présentent une déviation liée vraisemblablement à une déformation du charbon. Dans ce cas, il est plus judicieux d'effectuer les mesures dans une partie saine du charbon et d'ajouter ensuite au rayon la distance entre le lieu de ces mesures et la marge externe du charbon.

Il est important de noter que les expérimentations ayant pour but de vérifier la méthode de mesures et de répartition des calibres ont montré que les calibres les plus gros sont sous-représentés dans les résultats (Paradis S., 2007) d'une part parce que les parties périphériques des bûches sont davantage consommées, diminuant l'effectif des restes carbonisés de ces calibres, et d'autre part parce que le bois se rétracte au moment de la combustion, diminuant d'autant le diamètre.

Ces mesures nécessitent des analyses d'images qui ont été réalisées au laboratoire ArkéoMap sous stéréomicroscope Olympus (SZX7).

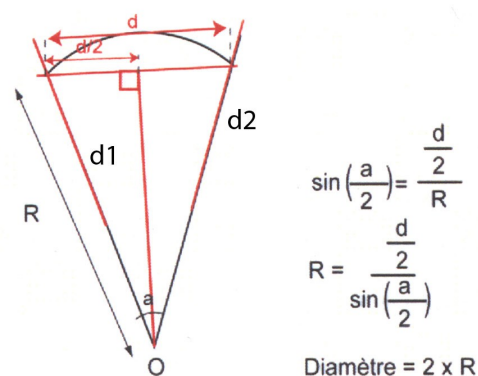


Fig. 13 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec les plus fortes positions radiales calculées) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 14, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraisse *et al.*, 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

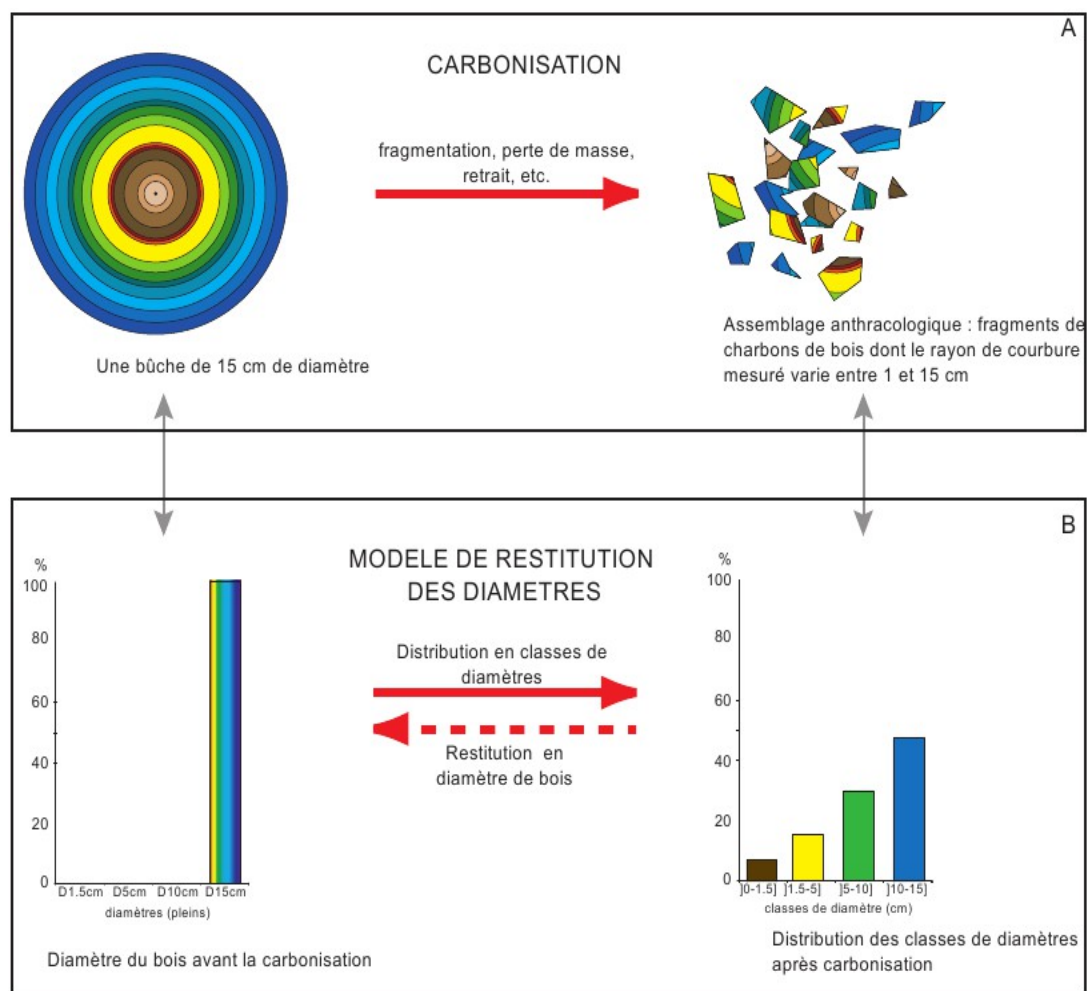


Fig. 14 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

Remarque : Dans le cadre de cette étude, une majorité de fragments provient de bois de petit calibre et il a parfois été possible d'identifier le centre de la tige (moelle). Dans ce cas, nous avons directement mesuré le rayon du fragment dans sa longueur maximale.

2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation

L'étude a permis de déterminer une dizaine de taxons anthracologiques. La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la diversité des essences qui est parfois constatée n'est pas forcément le reflet d'une formation végétale ligneuse naturelle environnant le site. En l'absence de véritable association taxonomique, il n'est alors pas possible d'avancer d'interprétation d'ordre paléo-écologique solide.

L'autoécologie des taxons identifiés peut cependant apporter quelques éléments d'interprétation (Rameau *et al.*, 1989) :

- **Le chêne** (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré, essentiellement au chêne pédonculé et sessile. Le chêne est surtout apprécié comme bois de charpente mais aussi comme combustible, c'est un bon charbon de bois autrefois estimé en métallurgie (Rameau *et al.*, 1989). Il donne de bonnes braises et sa combustion est excellente. C'est un bois difficile à travailler, mais solide pour les constructions. Il est identifié dans les prélèvements n°001, 005 et 009.

- **Le châtaignier** (*Castanea sp.*) aurait une distribution naturelle en Corse, sur le pourtour méditerranéen et sans doute dans quelques points des Cévennes et des Pyrénées Orientales. Il a été planté partout ailleurs. C'est une espèce relativement thermophile, héliophile ou de demi-ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols pauvres en bases et calcaires : sols de pH assez acides. De plus, il est favorisé par les sols assez secs à assez frais. On trouve cette espèce associée aux bois et forêts acidiphiles (ex. chênaies pubescentes sur sols acides). Il fournit un bois hétérogène et à densité assez élevée, il se travaille bien et se débite très bien par fendage. C'est cependant un bois de chauffage moyen, à utiliser en foyer fermé à cause de projections d'escarbilles. Le châtaignier éclatant à la combustion brûle assez rapidement et génère généralement très peu de charbons, ce qui pourrait expliquer sa faible représentation dans les études anthracologiques.

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) sur ce site reste très hypothétique car c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de le différencier du chêne. Or, sur les petits fragments, l'absence de ce critère n'est pas forcément significatif du châtaignier, d'où la nécessité du taxon « chêne-châtaignier » (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*).

- Des fragments d'**érable** (*Acer sp.*) ont été identifiés dans les prélèvements n°25, n°30 (FS1021), n°13, n°15 (FS 1025).

Dans l'aire considéré il s'agit probablement de l'érable champêtre et/ou de l'érable de Montpellier ou à feuille d'obier.

L'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) et à feuille d'obier (*Acer opalus*) sont des essences héliophiles ou de demi-ombres favorisées par les sols secs et neutres à basiques. On les trouve associés aux bois clairs, forêts de pentes rocheuses, garrigues, rocaillies, rochers ensoleillés.

L'érable champêtre (*Acer campestre*) est une essence héliophile ou de demi-ombre favorisée par les sols mésophiles et neutres à basiques. C'est un arbre que l'on retrouve plutôt sur des sols riches en bases mais aussi en azote (pH basique à neutre). Il possède une stratégie de croissance et de captation de la lumière typique d'une essence de trouée, qui le rend également apte aux systèmes bocagers.

A l'état naturel on le trouve plutôt en lisière forestière ou dans des forêts ouvertes. Il s'associe bien avec la chênaie-hêtraie. C'est un bois dur et dense qui présente une forte résistance mécanique, il est utilisé pour fabriquer des manches d'outils, des établis... Essence utilisée aussi en plantation d'alignement ou en ornement. L'érable fait partie des bois « semi-lourds », c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

- Des fragments de **frêne** (*Fraxinus sp.*) ont été identifiés dans le prélèvement n°30 (FS1021). Ce genre correspond potentiellement à deux espèces d'arbres en région méditerranéenne : le frêne commun (*Fraxinus excelsior*) et le frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia*) plus particulièrement méditerranéen. Ce sont des taxons mésophiles à mésohygrophiles que l'on trouve aux bords des eaux ou en zones alluviales. Le frêne commun est souvent associé aux forêts ripicoles, chênaies et hêtraies-chênaies. Le feuillage est un très bon fourrage pour les animaux (Rameau *et al.*, 1989). Il est considéré comme un bon bois de chauffage car c'est un bois dense avec un pouvoir calorifique important et générant une combustion lente.

- **Les Pomoïdeae ou Maloïdeae** (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier, cormier) et les **Prunoïdées** dont le genre *Prunus sp.* (ex. merisier, cerisier, prunellier) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les lisières de bois, dans des bois clairs, des landes ou en forêts caducifoliées ouvertes.

Les bois de *Prunus* et de *Pomoïdées* sont des bois denses, considérés comme de très bons combustibles, souvent employés sous la forme de bois de petit calibre (ex. type fagot), et privilégié pour générer des combustions vives telles que lors de phases d'allumages.

Malgré leurs duretés ce sont des bois qui se travaillent bien. Leurs grains d'une grande finesse et d'un poli exceptionnel, oriente les produits de qualité vers la lutherie, le tranchage pour des placages haut de gamme, la marqueterie, la tournerie, la sculpture et la gravure.

- Le **noisetier** (*Corylus avellana*) est une essence héliophile ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs,

dans des landes ou friches. Il s'adapte à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en termes de pH. Aussi, on le trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'il reste avant tout un arbre pionnier par excellence. Le noisetier est un bon bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), il dégage beaucoup de chaleur et une combustion rapide.



Fig. 15 – Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

- **L'orme** (*Ulmus sp*) soit l'orme champêtre (*Ulmus minor*), l'orme de montagne (*Ulmus glabra*) ou l'orme lisse (*Ulmus laevis*) correspondent de façon générale à des essences de boisements humides (forêts alluviales), forêts collinéennes fraîches, dans les haies, parfois dans les chênaies (chênaie-hêtraie) et végétations rudérales. Son feuillage peut être utilisé comme fourrage. C'est un bois qui est très apprécié pour ses qualités mécaniques et décoratives. Il fournit un bois de feu de première qualité et permet d'obtenir un charbon léger. Autrefois communes partout en plaine, les populations ont été fortement décimées par la graphiose au début du XXe siècle.

- Le **genévrier** (*Juniperus sp.*) est un genre qui correspond soit à l'espèce *Juniperus oxycedre* taxon méditerranéen au sens large que l'on retrouve souvent associé au chêne vert dans les stades de garrigues et de maquis, soit au genévrier commun (*Juniperus communis*) dont la répartition géographique et le spectre écologique est plus large. Ils constituent dans tous les cas de figures une végétation arbustive vivant dans des milieux pauvres et secs. En ce qui concerne le genévrier commun, ses baies peuvent être utilisées dans la fabrication de liqueurs, son bois est odorant et est utilisé en marqueterie. Il est parfois planté pour faire des haies ou des brise-vents. Il a été identifié sous la forme de fragments de brindilles dans les prélèvements n°017 (FS1025), n°025 (FS1021) et n°031 (FS1107). De façon générale, les résineux s'enflamment rapidement du fait de leur teneur élevée en résines et sont appréciés pour leur montée rapide en température.

Le genévrier est un bois relativement dense (Rameau et al., 2008) fournissant un combustible de petit calibre. Ces caractéristiques font de cette essence un bois qui brûle assez longtemps, facile à allumer, ce qui le rend idéal pour la phase d'allumage.

La plupart des fragments présentaient de fortes courbures de cernes, ce sont donc des bois de petit calibre qui ont été utilisés, générant ainsi des combustions vives mais probablement assez brèves.

- Un fragment de **vigne** (*Vitis sp.*) a été identifié dans le prélèvement n°25 (FS1021). Ce sont des plantes grimpantes, ligneuses, des régions au climat tempéré ou de type méditerranéen.

C'est une espèce que l'on trouve à l'état naturel principalement dans les vallées des grands fleuves, ripisylves, bois humides. Selon Rameau (2008), on peut la trouver à l'état subspontané, notamment dans le sud de la France mais aussi dans le Centre, l'Alsace, dans les vallées de la Marne.

Mais bien sûr, c'est une espèce que l'on retrouve aussi à l'état cultivée très tôt dans le sud de la France. *Vitis vinifera L.* est une espèce qui serait cultivée depuis le VIe millénaire en Europe (dans le Caucase). Les Phocéens implantent la vigne au VIIIe avant J.-C. dans le sud de l'Italie, au VIIe à Marseille. La détection de ce taxon, sous une forme probablement cultivée dans ce secteur au Moyen-Age central n'est donc pas surprenant.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les analyses portèrent sur deux grands ensembles de prélèvements. Les prélèvements en lien direct avec les fours de potier (FS1021 et FS1025) et les prélèvements correspondant à des ensembles charbonneux probablement d'origines plus diverses et en positions secondaires (rejets charbonneux).

La problématique de ce rapport portant avant tout sur la gestion du combustible dans le cadre des activités de fabrication de poteries, nous avons interprété les résultats d'analyses anthracologiques des prélèvements associés aux deux fours dans deux chapitres distincts (chapitres 3.1. et 3.2.). Les résultats d'analyses des quatre autres prélèvements ont été interprétés dans un troisième chapitre (3.3.).

3.1. Prélèvements du four FS 1025

a. Résultats

- Prélèvements n°13, n°15, n°16 et n°17 (Four FS1025)

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Insecte	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur / Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud			
FS1025 – PR 13 – US.1238 (Laboratoire – dernier usage)	Acer sp.	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	18	0	5	5	1	0	1	1	0	2	3	0	0
	TOTAL	40	0	5	9	1	0	1	1	0	2	3	0	0
FS1025 – PR 15 – US.1344 (Laboratoire – rejet charbonneux intermédiaire)	Acer sp.	7	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Pomoidée	11	0	2	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	6	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0
	Quercus sp.	27	0	9	16	3	4	2	3	3	0	11	0	0
	TOTAL	55	0	13	33	3	4	2	5	3	1	13	0	0
FS1025 PR16 – US.1368 (Labor – charb paroi, 1ere chaudière)	Quercus/Castanea	15	0	1	1	0	0	5	1	2	0	0	0	0
	Quercus sp.	35	0	19	5	11	1	8	4	3	0	3	0	0
	TOTAL	50	0	20	6	11	1	13	5	5	0	3	0	0
FS1025 – PR17 – US.1262 (Laboratoire – plus anciens rejets charbonneux)	Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Frag. écorce	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Juniperus sp.	7	0	1	6	0	0	0	3	0	0	0	0	2
	Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Quercus/Castanea	14	1	4	3	0	1	0	3	0	1	1	0	0
	Quercus sp.	19	1	12	2	3	2	1	3	3	1	9	0	1
	Ulmus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	45	2	18	14	3	3	1	9	3	3	10	1	4
TOTAUX		190	2	56	62	18	8	17	20	11	6	29	1	4

Fig. 16 – Tableau synthétique montrant les comptages des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées sur les charbons des prélèvements n°13, n°15, n°16 et n°17 associés au four FS1025

Identifiants des lots	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
PR13	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	1	3	1,33	0	1,33	1,33
PR15	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	3	1,23	0,41	0,78	1,6
PR16	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	11	17	1,55	0,24	1,15	2
PR17	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	5	1,05	0,45	0,77	1,57

Fig. 17 – Tableau montrant les moyennes de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire pour les prélèvements n°13, n°15, n°16 et n°17 associés au four FS1025.

b. Interprétations

190 charbons ont été observés pour les quatre prélèvements associés au four FS1025.

Il s'agit pour trois des quatre prélèvements (Prélèvements n°13, n°15 et n°17) d'ensembles diversifiés mêlant au moins trois à cinq essences.

- L'ensemble charbonneux du prélèvement n°16 diffère par rapport aux trois autres prélèvements. En effet, les charbons de ce prélèvement correspondent exclusivement à du bois de chêne (*Quercus* sp.) et chêne-châtaigner (*Quercus* sp. / *Castanea* sp.) de moyen calibre (fragment de courbure de cerne intermédiaire à 76%), probablement de grosses branches. Ce résultat tendrait à appuyer l'hypothèse de restes de bois d'œuvre. Ce constat apparaît assez cohérent avec la description archéologique indiquant des « charbons pris dans une paroi rubéfiée (1^{ère} chauffe ?) ». Notons qu'un peu plus d'un tiers des charbons de cet ensemble porte des fentes de retrait, indicateur de bois brûlé à « l'état vert ».

La structure de la paroi du four semble donc intégrer une armature constituée de bois de chêne de « moyen calibre » et qui a probablement été utilisé assez rapidement après avoir été coupé.

Notons que l'hypothèse de la présence du châtaigner (ou « chêne-châtaigner ») est peu probable. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaigner pour les petits fragments (cf. note à ce sujet chapitre 2.5.).

- Pour les trois autres prélèvements (n°13, n°15 et n°17), cinq à six taxons anthracologiques ont été observés.

Le chêne (*Quercus* sp.) et le chêne-châtaigner (*Quercus* sp. / *Castanea* sp.) sont les principaux taxons (environ les deux tiers des trois ensembles) (Fig. 18).

En moindre proportion, des charbons de Pomoidées ont systématiquement été identifiés. Des charbons d'érable (*Acer* sp.) ont été déterminés dans les prélèvements n°13 et n°15, alors que du genévrier (*Juniperus* sp.) et de l'orme (*Ulmus* sp.) ont été observés dans le prélèvement n°17. Cette diversité vient confirmer l'hypothèse de restes de combustibles.

De façon plus anecdotique, quelques graines (dont certaines de type céréale, à confirmer) ont été observées dans le prélèvement n°13, correspondant au dernier usage du four.

L'observation des courbures de cerne montre principalement des fragments de forte courbure de cerne (petits bois, voire brindilles) pour les prélèvements n°13 et n°15. En revanche, les charbons semblent davantage correspondre à des bois de calibre intermédiaire (grosses branches) pour le prélèvement n°17. Les fragments de faibles courbures de cerne (bois de gros calibre) sont très rares.

De manière générale, les charbons présentant des fentes de retrait sont négligeables (2% à 9%). Cela suggère que le bois a été brûlé à l'état sec (non vert), peut-être après avoir été stocké.

La proportion de fragments d'aspect luisant est globalement faible pour les prélèvements n°13 et n°15 (7% et 16%). On constate toutefois une fréquence un peu plus importante pour le prélèvement n°17 (33%). Les charbons des prélèvements n°13 et n°15 semblent donc provenir de combustions plutôt aérobies. En revanche, pour le prélèvement n° 017, les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004). On peut par exemple évoquer des contextes de combustion de « fonds de foyer ou de fonds de four ».

Notons que les compositions anthracologiques des prélèvements n°13 et n°15 présentent de fortes similitudes, tant par les essences identifiées (chêne, érable, Pomoïdée) que par les caractéristiques des bois employés, majoritairement des bois de petits calibres et par l'aspect mat des charbons. Ce constat pourrait s'expliquer soit par une origine commune, les restes charbonneux provenant alors d'une même combustion, soit par des pratiques techniques reproduites, reposant sur les qualités de combustibilité de ces essences. Les différences d'unités stratigraphiques (US) associées à ces deux prélèvements sembleraient davantage étayer la seconde hypothèse.

Les essences telles que le chêne et l'érable sont des bois denses, ou semi-denses (érable) générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. Ces bois peuvent être qualifiés d'« excellents » combustibles. En revanche, ils peuvent être difficiles à enflammer, d'où la nécessité d'emploi de bois d'allumage, typiquement des essences de bois « tendres » (orme) ou des bois de petit calibre. L'hypothèse de l'utilisation de petites branches de Pomoïdée et de genévrier (*Juniperus sp.*) pour faciliter l'allumage et la combustion de l'ensemble est très probable.

Compte tenu du faible nombre de taxons identifiés dans chaque prélèvement (seulement un à quatre), il n'a pas été possible de calculer l'indice de Pareto qui aurait davantage permis de caractériser le mode de ramassage (cf. exemple, chapitre 3.2.). Il convient toutefois de souligner que cette faible diversité taxonomique suggère une sélection du combustible, en cohérence avec des activités de type « artisanales », plutôt qu'une collecte de bois de « tout venant » (plutôt caractéristique des activités domestiques), laquelle aurait produit des assemblages charbonneux beaucoup plus diversifiés.

On note également la présence de quelques graines carbonisées, dont certaines de céréales. Leur présence ne paraît pas répondre à une finalité « technique » dans le cadre artisanal d'un four de potier. La description archéologique laissant supposer qu'il s'agit du « dernier usage » du four, ces restes pourraient correspondre à un comblement postérieur de la structure et se trouver ainsi en « position secondaire ».

Enfin, quelques mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur une vingtaine de fragments de chêne à l'intérieur des quatre prélèvements. Ces mesures ont permis de calculer des moyennes comprises entre 1,05 mm/an et 1,55 mm/an (Fig. 17 et 18). Ces moyennes sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles, peut-être des environnements contraignants (sols pauvres, mal exposés) ou des milieux soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Compte tenu du faible nombre de charbons mesurés, il faut considérer ce résultat avec précaution.

Légende	Prélèvement n°13 (FS1025 US.1238 – Laboratoire dernier usage)	Prélèvement n°15 (FS1025 US.1344 – Laboratoire rejets charbons intermédiaires)	Prélèvement n°16 (FS1025 US.1368 – Laboratoire charb. Paroi 1ere chauffe)	Prélèvement n°17 (FS1025 US.1252 – Laboratoire plus anciens rejets charbonneux)
■ Juniperus sp. ■ Orme (Ulmus sp.) ■ Erable (Acer sp.) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/Castanea) ■ Chêne (Quercus sp.) ■ Pomoldée ■ Frag. de brindille indéterminé ■ Frag. écorce ■ Indéterminé ■ Graine type céréale ■ Graine				
Nombre de charbons étudiés.	40	55	50	45
Diversité (nb de taxons anthrac., chêne et chêne-chataignier dissociés)	4	4	2	5
Courbures des cernes	Forte : 65% Intermédiaire : 35% Faible : 0%	Forte : 72% Intermédiaire : 28% Faible : 0%	Forte : 24% Intermédiaire : 76% Faible : 0%	Forte : 41% Intermédiaire : 53% Faible : 6%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	7,00%	16,00%	20,00%	33,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	2,00%	9,00%	36,00%	9,00%
Moyennes de largeurs de cerne (mm)	Moyenne = 1,33 mm (N=1)	Moyenne = 1,23 mm (N=3 ; Ec-type = 0,41 mm)	Moyenne = 1,55 mm (N=11 ; Ec-type = 0,24 mm)	Moyenne = 1,03 mm (N=3 ; Ec-type = 0,45 mm)

Fig. 18 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des quatre compositions anthracologiques associés au four FS 1025 (prélèvements n°13, n°15, n°16, n°17).

3.2. Prélèvements du four FS 1021

a. Résultats

- Prélèvements n°25 et n°30 (Four FS1021)

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle	Insecte	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur / Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud	Aspect granuleux			
FS1021 – PR25 – US. 1186 (Laboratoire – dernier usage du four)	Acer sp.	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	rag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	Juniperus sp.	10	0	0	10	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
	Pomoidée	13	0	1	12	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
	Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	4	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0
	Quercus sp.	16	0	7	6	6	1	1	3	4	1	0	7	0	1
	Vitis sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	70	0	8	42	6	1	1	19	5	3	1	9	2	1
	Acer sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
FS1021 – PR30 – US. 1342 (Laboratoire – Plus anciens rejets charbonneux)	Frag. écorce	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0
	Pomoidée	6	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	15	0	1	10	1	1	2	1	3	4	0	1	0	1
	TOTAL	55	0	1	28	1	1	2	2	4	5	8	1	1	1
	TOTAUX	125	0	9	70	7	2	3	21	9	8	9	10	3	2

Fig. 19 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°25 et n°30, FS1021.

Identifiants des lots	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
PR25	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	16	0,74	0,18	0,47	0,94
PR30	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	1	2	0,5	0	0,5	0,5

Fig. 20 – Tableau montrant les moyennes de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire pour les prélèvements n°25 et n°30, associés au four FS1021.

b. Interprétations

125 charbons ont été observés pour les deux prélèvements associés au four FS1021 (Fig. 19).

D'après la description archéologique, les deux prélèvements correspondent à deux phases d'utilisations distinctes.

Les analyses révélèrent des compositions assez semblables, même s'il existe des différences au niveau des proportions. Le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*) (environ un tiers des charbons), l'érable (*Acer sp.*) et les Pomoïdées sont les principaux taxons (Fig. 21).

Seules les détections du genévrier (*Juniperus sp.*), de quelques charbons du genre *Prunus*, d'un fragment de vigne (*Vitis sp.*) dans le prélèvement n°25 et la présence de charbons de frêne (*Fraxinus sp.*) à l'intérieur du prélèvement n°30 diffèrent.

Les essences telles que le chêne, le frêne, l'érable mais aussi les bois de Pomoïdée et de genévrier sont des bois denses, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. Ils peuvent tous être qualifiés d'« excellents » combustibles.

L'observation des courbures de cernes montre des fragments avec des courbures fortes dans 84% à 97% des cas (Fig. 17). Ce sont donc essentiellement des bois de petit calibre, voire des brindilles qui ont été utilisés. Ces bois ont donc probablement généré des combustions vives.

De façon générale, les charbons montrant des fentes de retrait sont en faibles quantités (environ 13 et 20%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert). Ce constat implique une sélection du bois lors de la collecte, peut-être aussi un stockage préalable à l'emploi.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, la proportion de charbons d'aspect luisant est un peu plus importantes (de 34% à 39% des charbons). Les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification » (cf. chapitre 2.2.), typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blaizot et al., 2004). Ces observations sont donc cohérentes avec des contextes de four de potier. Par ailleurs, le calibre réduit des bois pourrait également avoir favorisé le phénomène sur certains charbons (Oilic, 2011).

Afin de caractériser le type de ramassage, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur les deux compositions anthracologiques (Fig. 21). Le principe du calcul de l'indice repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal et al., 1999).

Or, les deux graphiques montrent que les proportions des taxons anthracologiques constatées ne reflètent pas les mêmes proportions que celles observées dans les communautés végétales naturelles.

Cette différence pourrait certes s'expliquer par un problème de représentativité des effectifs étudiés (respectivement 55 et 70 charbons analysés), mais elle est plus probablement liée à des ramassages sélectifs orientés vers des bois durs et ou de petits calibres tels que le chêne, l'érable, les Pomoïdées, le genévrier (Fig. 21). Cette tendance corrobore l'hypothèse de combustions effectuées dans le cadre d'un système technique nécessitant des choix de combustible précis, hypothèse pleinement compatible avec un contexte de four de potier.

Remarque : De nombreux travaux ont montré que l'exploitation du combustible ligneux, notamment en contexte domestique, est en moyenne, peu sinon pas sélective (Chabal, 1994, 1997, Théry, 1998). On parle alors de ramassage de « tout venant ». Dans ces cas, l'indice de concentration de Pareto tend à se rapprocher du rapport d'équilibre constaté en théorie dans la nature, ce qui n'est pas le cas ici.

Enfin, quelques fragments ont pu faire l'objet de mesures de largeur de cernes, permettant de calculer des moyennes de l'ordre de 0,74 et 0,50 mm/an (Fig. 20 et 21).

Ces valeurs sont caractéristiques de conditions de croissance difficiles, possiblement liées à des boisements denses ou à des environnements abiotiques contraignants (mauvaise exposition, sols pauvres). Compte tenu du faible nombre de charbons mesurés, ces résultats doivent toutefois être interprétés avec prudence

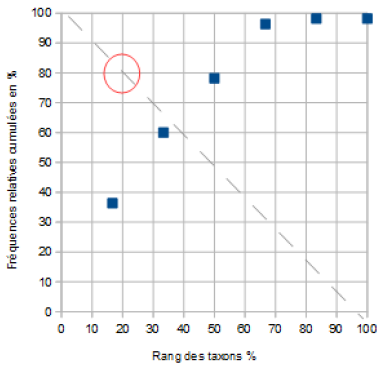
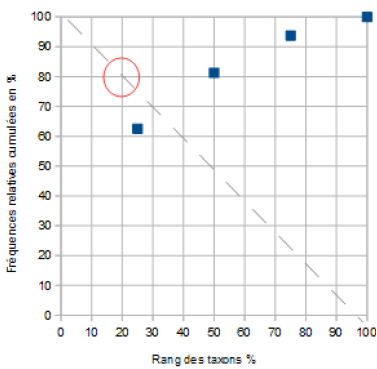
Légende	Prélèvement n°25 (FS1021 US.1186, Laboratoire – dernier usage du four)	Prélèvement n°30 (FS1021 – US.1342, Laboratoire – plus anciens rejets charbonneux)
■ Juniperus sp. ■ Erable (Acer sp.) ■ Frêne (Fraxinus sp.) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/Castar ■ Chêne (Quercus sp.) ■ Pomoidée ■ Prunus sp. ■ Vigne (Vitis sp.) ■ Frag. de brindille indéterminé ■ Frag. écorce ■ Indéterminé		
Nombre de charbons étudiés.	70	55
Diversité (nb de taxons anthracologiques, chêne et chêne-chataignier dissociés)	7	5
Indices de concentration de Pareto : RQ. Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues.		
	Les diversités anthracologiques sont très faibles (4 à 6 taxons) et les graphiques montrent que les proportions observées ne reflètent pas les mêmes rapports d'équilibre que ceux constatés en théorie dans les communautés végétales naturelles (20% des taxons correspondant à 80% de biomasse). Ces faibles diversités sont liées à des ramassages sélectifs vers certaines essences et certains calibres de bois très probablement pour des raisons techniques de combustibilité.	
Courbures des cernes	Forte : 84% Intermédiaire : 16% Faible : 0%	Forte : 97% Intermédiaire : 3% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	39,00%	34,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	13,00%	20,00%
Moyennes de largeurs de cerne (mm)	Moyenne = 0,74 mm (N=6 ; Ec-type = 0,18 mm)	Moyenne = 0,5 mm (N=1 ; Ec-type = 0mm)

Fig. 21 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des deux prélèvements n°001 et n°005.

3.3. Prélèvements provenant de diverses fosses et fossés.

a. Résultats

– Prélèvements n°9 (Fossé FS 1014, US.1041)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur / Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud		
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	1
Prunus sp.	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
Quercus/Castanea	11	0	5	3	0	0	0	8	0	2	0	0
Quercus sp.	11	0	3	4	2	0	0	7	0	0	4	0
Ulmus sp.	3	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	33	1	11	13	2	0	0	22	0	3	4	1

Fig. 22 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°9.

– Prélèvements n°31 (Fosse FS 1107, US.1484)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur / Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud		
Frag. écorce	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Juniperus sp.	23	0	1	21	0	0	3	1	1	0	0	5
Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	8	0	0	8	0	0	1	1	1	0	0	0
Quercus sp.	15	0	5	10	4	1	1	6	2	0	1	2
Ulmus sp.	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	56	0	7	45	4	1	5	8	4	1	1	7

Fig. 23 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°31.

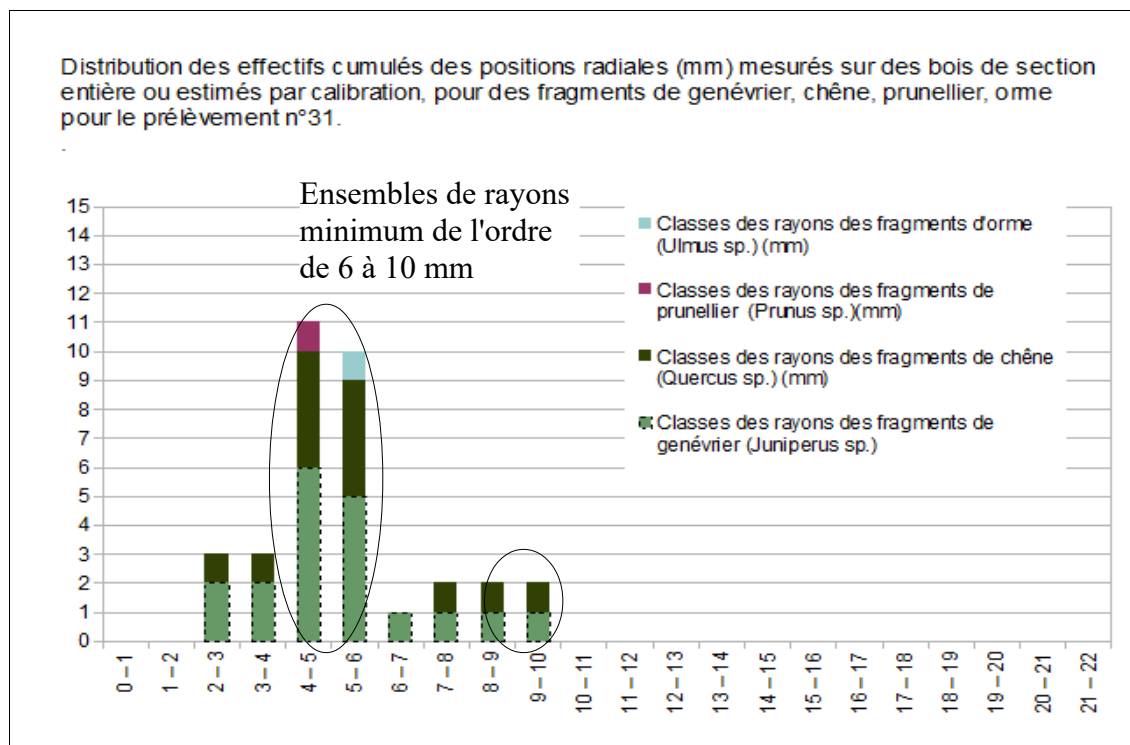


Fig. 24 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour les fragments de chêne, genévrier, prunellier et orme par classe de 1 mm, pour le prélèvement n°31.

– Prélèvements n°32 (Fosse FS 1142, US.1512)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle	Insecte	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur / Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud	Aspect granuleux			
Corylus avellana	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Pomoidée	31	0	3	26	0	0	0	18	0	0	0	0	1	0
Quercus/Castanea	5	0	1	3	0	1	0	2	2	0	0	1	0	0
Quercus sp.	15	0	4	9	2	1	0	2	4	2	0	6	0	2
TOTAL	55	0	8	38	2	2	0	22	7	3	1	7	1	2

Fig. 25 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°32.

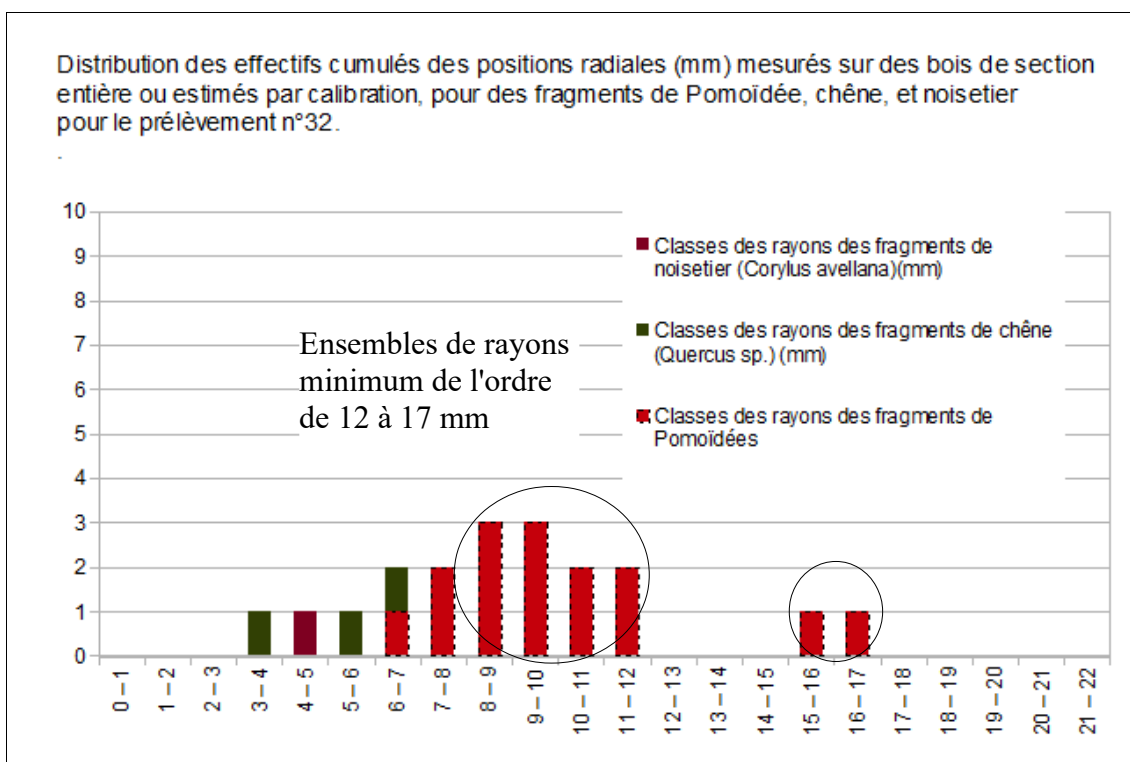


Fig. 26 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour les fragments de chêne, noisetier et Pomoidée par classe de 1 mm, pour le prélèvement n°32.

– Prélèvements n°33 (Fosse de travail du four FS 1022, US.1579)

		Courbure			Rythme		Combustion				
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur / Luisant	Fendu / Luisant	Aspect granuleux	Thylle
Acer sp.	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pomoidée	12	0	1	8	0	0	0	5	0	0	0
Quercus/Castanea	19	0	4	4	0	0	0	4	3	1	2
Quercus sp.	19	0	12	5	5	0	3	9	1	0	4
TOTAL	54	0	19	18	5	0	3	19	4	2	6

Fig. 27 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°33.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	5	10	1,27	0,27	0,97	1,6

Fig. 28 – Tableau montrant la moyenne de largeur de cerne (mm) réalisée sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire pour le prélèvement n°33.

b. Interprétations

Les quatre prélèvements proviennent des comblements de diverses structures de type « fossé » (FS1014), « fosse » (FS1107, FS114) et « fosse de travail » (FS1022).

Quatre à six taxons anthracologiques ont été identifiés pour chacun des prélèvements. Cette diversité appuie l'hypothèse de restes de combustibles.

Les quatre compositions charbonneuses montrent des similitudes avec les ensembles directement prélevés à l'intérieur des fours. En effet, on retrouve les essences dominantes que sont le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*), des Pomoïdées et le genévrier (*Juniperus sp.*). Le chêne et chêne-châtaigner ont systématiquement été identifiés. Les fragments de Pomoïdées sont détectés dans trois des quatre prélèvements et notamment à l'intérieur du prélèvement n°32 où ils représentent plus de 50% de l'ensemble. Le genévrier est observé uniquement dans le prélèvement n°31 mais en quantité importante. Cette essence semble se substituer au bois de Pomoïdée à l'intérieur de ce prélèvement. Il est probable que le bois de Pomoïdée et de genévrier, tiennent un rôle équivalent « d'activateur ou de facilitateur de la combustion ».

Seul l'érable (*Acer sp.*) apparaît moins représenté par rapport aux prélèvements associés aux comblements des fours, avec seulement quelques fragments à l'intérieur du prélèvement n°33 (FS1022, fosse de travail du four).

De façon plus anecdotique, des charbons d'orme (*Ulmus sp.*), du genre *Prunus*, de noisetier (*Corylus avellana*) ont aussi régulièrement été observés (Fig. 29).

L'observation des courbures de cerne montre une majorité de fragments avec de fortes courbures de cerne dans 52 % à 87% des cas. Seul le prélèvement n°33 montre une petite majorité de fragments de courbure intermédiaire (51% contre 49% de charbons de forte courbure de cerne, Fig. 29). Ce sont donc principalement des bois de petit à moyen calibre qui ont été utilisés. Des estimations de rayons minimum ont pu être réalisées sur une cinquantaine de fragments de section entière ou partielle des prélèvements n°31 et n°32 (Fig. 27 et 24). Les histogrammes montrent principalement l'emploi de petit bois de chêne, genévrier et de Pomoïdée d'environ 6 à 17 mm de rayon.

Concernant l'aspect des charbons, les observations sont assez hétérogènes. Les fragments luisants sont peu représentés (entre 12 et 23 %) dans les prélèvements n°9 et n°31, en revanche, ils représentent une part importante des prélèvements n°32 et n°33 (entre 58 et 43%). Pour le prélèvement n°32, ce sont essentiellement des charbons de Pomoïdée qui sont affectés par l'aspect luisant.

Les aspects luisants observés sont généralement interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004). Les phénomènes en jeu sont toutefois complexes et dépendent probablement à la fois des essences, de leur état (vert ou sec), du calibre (le calibre réduit des bois favoriserait le phénomène selon Oilic, 2011), du volume de combustible et de leur position dans la structure de combustion (au cœur ou en périphérie). Les charbons semblent donc provenir de combustions globalement oxygénée (il y a une majorité de charbons d'aspect mat), mais certains ensembles charbonneux (ex. prélèvements n°32 et n°33) pourraient avoir été soumis à des zones du four particulièrement chaudes et/ou provenir de contextes anaérobies localisés, notamment dans le fond ou au cœur du four.

De manière générale, les charbons présentant des fentes de retrait sont en faible proportion (entre 1% et 18%). Cela suggère que le bois utilisé était sec (non vert) au moment de la combustion, peut-être après avoir été stocké.

Afin de caractériser le type de ramassage, des graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto ont été testés sur les quatre ensembles charbonneux (Fig. 29). Les quatre graphiques montrent que les proportions des taxons anthracologiques observés ne correspondent pas à celles attendues en théorie dans les communautés végétales naturelles. Ces résultats statistiques, corroborés par le faible nombre d'essences identifiées, suggèrent que les ensembles charbonneux proviennent de combustibles sélectionnés. Il est très probable que ces choix aient été guidés par des considérations techniques liées aux qualités de combustibilité des essences.

Quelques mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur des charbons de chêne issus du prélèvement n°33, aboutissant à une moyenne d'environ 1,27 mm/an (Fig. 28 et 29). Ce résultat est caractéristique de conditions de croissance difficiles, probablement un environnement contraignant (sols pauvres, exposition défavorable) ou à un couvert forestier dense. Ce résultat doit toutefois être interprété avec prudence, le nombre de charbons mesurés étant très limité.

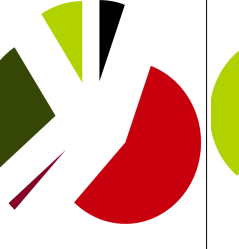
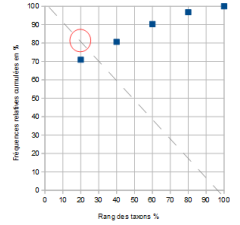
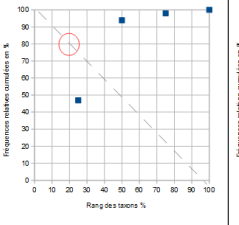
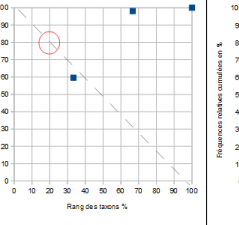
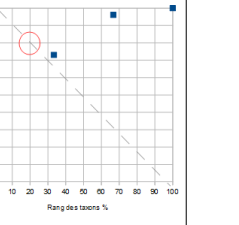
Légende	Prélèvement n°9 (FS1014 US.1041 – Fossé avec vase en place)	Prélèvement n°31 (FS1107 US.1484 – Fosse)	Prélèvement n°32 (FS1142 US.1512 – Fosse)	Prélèvement n°33 (FS1022 US.1579 – Fosse travail four, rejet massif)
■ Juniperus sp. ■ Orme (Ulmus sp.) ■ Erable (Acer sp.) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/Ca) ■ Chêne (Quercus sp.) ■ Noisetier (Corylus avellana) ■ Pomoïdée ■ Prunus sp. ■ Frag. de brindille indéterminé ■ Frag. écorce ■ Indéterminé				
Nombre de charbons étudiés.	33	56	55	54
Diversité (nb de taxons anthrac., chêne et chêne-châtaignier dissociés)	6	5	4	4
Indices de concentration de Pareto : RQ. Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues.				
	Les diversités anthracologiques sont très faibles (3 à 5 taxons) et les graphiques montrent que les proportions observées ne reflètent pas les mêmes rapports d'équilibre que ceux constatés en théorie dans les communautés végétales naturelles (20% des taxons correspondant à 80% de biomasse). Ces faibles diversités sont liées à des ramassages sélectifs vers certaines essences et certains calibres de bois très probablement pour des raisons techniques de combustibilité.			
Courbures des cernes	Forte : 52% Intermédiaire : 44% Faible : 4%	Forte : 87% Intermédiaire : 13% Faible : 0%	Forte : 83% Intermédiaire : 17% Faible : 0%	Forte : 49% Intermédiaire : 51% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	12,00%	23,00%	58,00%	43,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	1,00%	18,00%	18,00%	13,00%
Moyennes de largeurs de cerne (mm)				Moyenne = 1,27 mm (N=5 ; Ec-type = 0,27 mm)

Fig. 29 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des prélèvements n°9, n°31, n°32 et n°33.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Un peu plus de 500 fragments ont été observés pour les dix prélèvements (Fig. 1).

Les analyses de neuf des dix prélèvements ont livré des associations taxonomiques assez semblables de quatre à sept essences maximum. Seul le prélèvement n°16, dont les charbons ont été directement extraits de la paroi d'un four, se révéla « monospécifique » (« chêne-châtaigner »).

4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Une dizaine de taxons anthracologiques a été identifiée dans cette étude.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont avant tout liées aux aléas des aires de ramassages mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du chêne, frêne, érable ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre, Pomoïdées, genévrier, noisetier, excellents bois d'allumage, sont très probables.

L'identification des taxons ligneux permet toutefois de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) (Fig. 30) :

- **le groupement forestier de la chênaie diversifiée** avec le chêne, (chêne-châtaignier),
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de la famille des Pomoïdées, du noisetier, du genre *Prunus*, du frêne, de l'érable,
- **les formations de friches, fruticées, fourrés** peuvent être suggérées par la détection du genévrier, potentiellement par la famille des Pomoïdées (ex. aubépine), par le genre *Prunus* et le noisetier,
- **les boisements frais ou humides** (zone alluviales, proximité de zone humide) avec l'orme, le frêne, voire le noisetier,
- **des plantations potentielles de vigne**, même si des formes subspontanées dans certaines forêts ripicoles (ex. en zone alluviale) sont possibles.

Les moyennes de largeurs de cernes calculées sur des fragments de chêne de moyen calibre indiquent toutes de faibles croissances avec des valeurs allant de 0,5 mm/an (prélèvement n°30) à 1,55 mm/an (prélèvement n°16). Cela suggère des ramassages dans des boisements soumis à des contraintes de croissance, peut-être des boisements denses ou associés à des sols pauvres, humides ou mal exposés.

	PRLV n°013, FS1025 , US1238	PRLV n°015, FS1025 US1344	PRLV n°016, FS1025 US1368	PRLV n°017, FS1021 US1262	PRLV n°025, FS1021 US1186	PRLV n°030, FS1021 US1342	PRLV n°009, FS1014 US1041	PRLV n°031, FS1107 US1484	PRLV n°032, FS1142 US1512	PRLV n°033, FS1022 US1579
Groupe forestiers de la chênaie (chêne, chêne-châtaigner)	 	 	 	 			 			 
Boisements clairs, haies lisières (érable)										
Formations de fruticées et fourrés (Pomoïdée, genévrier, Prunus sp.)									 	
Boisements frais, humides (orme)										
vigne										
Graines carbonisées (dont céréales)										

Fig. 30 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des compositions anthracologiques de chaque prélèvement. Le nombre de symboles indique l'importance de chaque formation végétale identifiée à l'intérieur des différents prélèvements.

Les dix ensembles charbonneux sont composés majoritairement de cinq à sept essences : chêne, chêne-châtaigner, érable, frêne, Pomoïdées, genévrier et orme. Leur détection récurrente suggère des choix délibérés, probablement motivés par des considérations techniques liées aux qualités de combustibilité de ces essences, en rapport avec le fonctionnement des fours.

Ce sont des espèces que l'on retrouve en partie dans les groupements forestiers de la chênaie (chêne, chêne-châtaigner), des boisements clairs (érable) et des fourrés ou fruticées (genévrier, Pomoïdées). L'orme par son caractère hygrophile suggère des collectes dans des secteurs plus frais, plus humides.

A noter la détection d'un unique fragment de vigne dans le prélèvement n°025.

Les choix de combustibles étant déterminés avant tout par des contraintes techniques de combustibilité, il faut envisager des circuits d'approvisionnement élargis, impliquant le recours à des ressources potentiellement éloignées des lieux de consommation.

4.2. Informations d'ordre ethnographique

Les analyses ont montré deux types d'ensembles anthracologiques : neuf des dix prélèvements se révélèrent diversifiés, mais le prélèvement n°016 livra un ensemble « monospécifique ».

- Ensemble monospécifique (prélèvement n°16) : hypothèse de restes de bois d'œuvre associés à la construction de la paroi du four FS1025.

L'analyse de ce prélèvement, dont les charbons ont été décrits comme « pris dans la paroi rubéfiée (1^{ère} chauffe) permet de suggérer des restes de bois de chêne de « moyen calibre », petites et moyennes branches, probablement employés rapidement après avoir été coupées (Chapitre 3.1.).

Le caractère exclusif de bois de chêne de moyen calibre, ainsi que le contexte du prélèvement « dans la paroi rubéfiée du four » s'accordent pour suggérer des restes de bois d'œuvre ayant permis la construction des parois du four (FS 1025).

- Ensembles diversifiés (prélèvements n°13, n°15, n°17, n°25, n°30, n°31, n°32, n°33 et n°9) : hypothèse de résidus de combustibles des fours de poteries.

Neuf des dix prélèvements ont révélé des compositions charbonneuses diversifiées. En tenant compte des contextes de découverte, parfois à l'intérieur même des fours, ces ensembles charbonneux peuvent être interprétés comme des résidus de combustibles directement liés à la chaîne opératoire destinée à générer des combustions maîtrisées et nécessaires à la fabrication des poteries.

À l'exception de variations quantitatives secondaires, la comparaison des neuf prélèvements suggère une homogénéité fonctionnelle des assemblages, traduisant des pratiques de sélection et d'utilisation du combustible globalement semblables.

Le nombre relativement restreint d'essences identifiées (quatre à sept au maximum), ainsi que la présence récurrente de quatre à cinq taxons principaux (chêne, chêne-châtaignier, érable, Pomoïdée, genévrier) plaident en faveur de choix délibérés, vraisemblablement motivés par des considérations techniques liées aux qualités de combustibilité de ces essences.

Les analyses statistiques des compositions anthracologiques par l'intermédiaire de graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto (selon le principe développé par Chabal *et al.*, 1999), confirmèrent l'hypothèse de sélections intentionnelles des essences et non de collectes opportunistes de type « tout-venant ». Ce type d'assemblage sélectif est généralement associé à des chaînes opératoires spécifiques, souvent liées à des activités artisanales, en cohérence donc avec le contexte des fours de potiers ci-présents.

Les essences telles que le chêne et l'érable sont des bois denses (ou semi-denses dans le cas de l'érable), produisant des braises se consumant lentement et à fort rendement énergétique. Ces essences peuvent ainsi être considérées comme d'« excellents » combustibles. En revanche, leur mise à feu peut être plus difficile, ce qui implique généralement l'usage de bois d'allumage, en particulier des essences plus tendres (orme, noisetier) ou des bois de petit calibre. L'emploi de petites branches de Pomoïdée et de genévrier ont dû jouer le rôle de « facilitateur de l'allumage » et « d'activateur » des combustions. Il ressort de cet assemblage un équilibre entre des essences à fort pouvoir calorifique se consumant lentement (chêne, érable) et des essences plus inflammables que sont le genévrier et les Pomoïdées.

De plus, le genévrier et les Pomoïdées présentent une substituabilité fonctionnelle au sein de la chaîne opératoire de combustion. En effet, leur répartition dans les assemblages semble montrer que l'une ou l'autre de ces essences pouvait être employée pour remplir un rôle similaire. Ainsi, le genévrier est attesté de manière principale, voire exclusive, dans les prélèvements n°17 et n°31, tandis que les Pomoïdées apparaissent de façon exclusive dans les prélèvements n°13, 15, 30, 9, 32 et 33. Seul le prélèvement n°25 montre les deux essences en proportion équivalente. Cette distribution suggère que ces essences pouvaient être utilisées indifféremment comme bois d'allumage ou comme « activateur » de combustion, en complément des essences de bois plus denses (chêne et érable) destinés à assurer la combustion de longue durée.

Notons aussi la forte proportion de fragments issus de bois de petit calibre, y compris de chêne, dans la plupart des prélèvements (ex. prélèvement n°15, n°13, n°25, n°30, n°31, n°32). Quelques calculs de calibration réalisés sur des charbons des prélèvements n°31 et n°32 ont permis d'évaluer des rayons minimum de 6 à 17 mm. L'emploi de ces petits bois a dû générer des combustions assez intenses.

De manière générale, les charbons présentant des fentes de retrait (aspect fendu) sont en faible proportion (entre 1% et 20%). Cela suggère que les bois utilisés étaient secs (non verts) au moment de leur emploi. Il est très probable que le combustible ait fait l'objet d'un stockage préalable afin d'obtenir un bois sec et ainsi de meilleures combustions.

Enfin, concernant l'aspect des charbons, les proportions de fragments d'aspect luisant apparaissent très variables d'un prélèvement à l'autre, allant de 7 % (prélèvement n°13) à 58 % (prélèvement n°32). De tels aspects luisants sont généralement considérés comme caractéristiques de conditions de combustion intenses et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004). Toutefois, les mécanismes en jeu sont complexes et dépendent de multiples facteurs : l'essence utilisée, son état (bois vert ou sec), le calibre (un calibre réduit favoriserait le phénomène selon Oilic, 2011), le volume de combustible employé ainsi que sa position dans la structure de combustion (au cœur ou en périphérie). Dans l'ensemble, la prédominance de charbons d'aspect mat suggère des combustions plutôt bien oxygénées. Néanmoins, certains ensembles, tels que les prélèvements n°32 et n°33, semblent avoir été soumis à des zones de combustion particulièrement chaudes et/ou à des conditions anaérobies localisées, notamment dans le fond ou au centre du four.

5. BIBLIOGRAPHIE

BLAIZOT F., FABRE L., WATTEZ J., VITAL J., COMBES P., 2004 - *Un système énigmatique de combustion au Bronze moyen sur le plateau d'Espalem (canton de Blesle, Haute-Loire)* In: Bulletin de la Société préhistorique française. tome 101, N. 2. pp. 325-344.

CHABAL L., 1992 - La représentativité paléo-écologique des charbons de bois issus du bois de feu. *Bulletin de la Société botanique Française*, 139, Actualités botaniques (2/3/4), p. 213-236.

CHABAL L., 1994 - Apports récents de l'anthracologie à la connaissance des paysages passés : performances et limites. *Histoire et Mesure*, IX-3/4, p. 317-338.

CHABAL L., 1997 - *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) L'anthracologie, méthode et paléoécologie*. Documents d'Archéologie Française. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 63, p. 18-61.

CHABAL L., FABRE L., TERRAL J.-F. and THERY-PARISOT I., 1999 - *L'anthracologie*. In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), *Errance* (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 p.

DUFRAISSE A., GARCIA MARTINEZ M.-S., 2011 - Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données. *ANTHROPOBOTANICA*, 2, 16p.

GAUDIN L., 2004 - *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2 tomes, 768 p.

MARCOUX N., 2009 - Les bois utilisés comme combustible dans l'atelier gallo-romain de réduction du minerai de fer in SARRESTE F., *Archéologie dans le Silléen, Rapport d'opérations archéologiques programmées*. Roche-Brune (Pezé-le-Robert, Sarthe). p. 20-39.

MARGUERIE D., BERNARD V., BEGIN Y., TERRAL J.-F., 2010 - Dendroanthracologie p. 311-347 in PAYETTE S., FILION L., *La Dendroécologie : Principes, méthodes et applications*. Presses de l'Université Laval, Québec

MARGUERIE D., HUNOT J.-Y. 2007 - *Charcoal analysis and dendrology : data from archaeological sites in north-western France*. *Journal of Archaeological Science*. p. 1417-1433

MARGUERIE D., 1992a - *Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Rennes, 40, 262 p.

MARGUERIE D., 1992b - Charbons de bois et paléoenvironnement atlantique. *Dossier A.G.O.R.A. Les bois archéologiques*, n°2, p. 15-20.

MCPARLAND L.C., COLLINSON M.E., SCOTT A.C., CAMPBELL G., VEAL R., 2010 - Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood? *Journal of Archaeological Science*, doi: 10.1016/j.jas.

NICOLAS E., BLANCHET A., BRISOTO V., CHEREL A.-F., DAOULAS G., GUITTON V., HENAFF A., HINGUANT S., JOUANET N., LABAUNE-JEAN F., LE FORESTIER S., SEIGNAC K., 2013 - *Châteaulin (29). Penn ar Roz : un site d'activité métallurgique protohistorique et antique*. Rapport de fouille, Cesson Sévigné, Inrap, Grand ouest, 2013, 364 p.

OILIC J.-C., 2011 - *Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis le Tardiglaciaire*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 320 p.

PARADIS S. 2007 – *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois*. Mémoire de Master 2, université de Dijon, 64 p.

PRIOR J., ALVIN K. L., 1986 – *Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa : The effect of moisture content*. International Association of Wood Anatomists. Bulletin (Special issue), 7, p. 243 – 249.

RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.

SCHWEINGRUBER F. H., 1982 – *Microscopic Wood Anatomy*. Flück-Wirth, Teufen.

SCHWEINGRUBER F. H., 2011 - *Anatomie europäischer Hölzer – Anatomy of European Woods*. Verlag Kessel , 800 p.

THERY-PARISOT I., 1998 - *Economie du combustible et Paléoécologie en contexte glaciaire et périglaciaire, Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France. Anthracologie, Expérimentation, Taphonomie*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, 500 p.

THERY-PARISOT I., 2001 – *Economie des combustibles au Paléolithique*. Dossier de Documentation Archéologiques, 20, CNRS, Paris.

6. ANNEXE – Photographies



Fig. 31 – Fragment de Pomoïdée de courbure de cerne forte. Coupe transversale. Grossissement x23. Prélèvement n°025. L'échelle représente des millimètres.

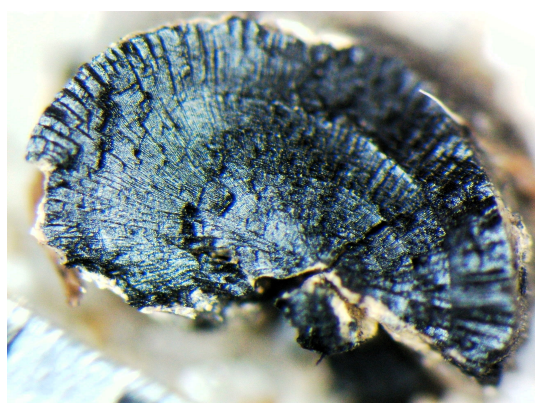


Fig. 32 – Fragment de brindille de genévrier (*Juniperus* sp.). Coupe transversale. Grossissement x37. Prélèvement n°017. L'échelle représente des millimètres.

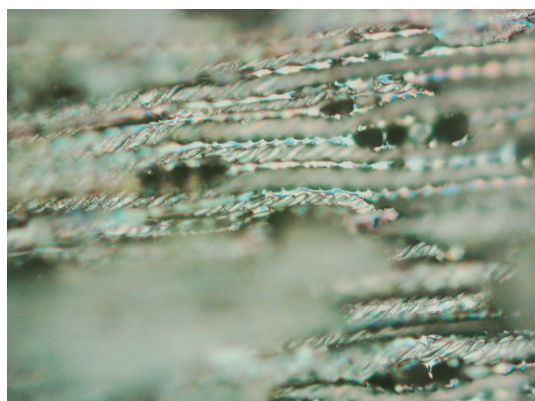


Fig. 33 – Fragment de genévrier (*Juniperus* sp.). Coupe tangentielle. Grossissement x400. Prélèvement n°017. Vue de détail de rayons de 3 cellules de hauteur.

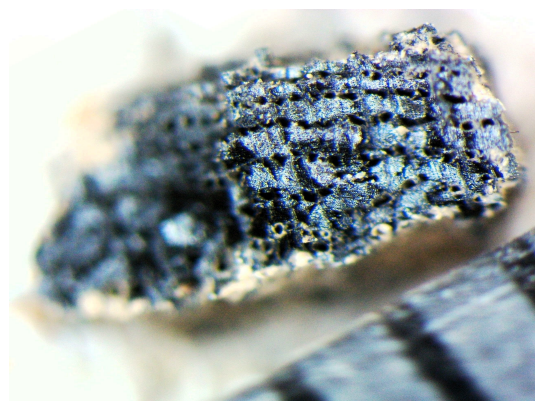


Fig. 34 – Fragment d'orme (*Ulmus* sp.) de courbure intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x25. Prélèvement n°31. L'échelle représente des millimètres.